

Modélisation numérique des courants et tensions de contact dans des habitations

R. Lorphèvre, P. Dular, R.V. Sabariego, V. Beauvois, P.P. Barbier and J.L. Lilien

Université de Liège, Département d'électricité, électronique et informatique, B-4000 Liège, Belgique
E-mail : r.lorphèvre@ulg.ac.be

Résumé — Un modèle d'installation électrique d'habitation avec une ligne à haute tension est développé avec la méthode "Partial Element Equivalent" (PEEC). Cette étude a pour but de déterminer l'existence des courants et tensions induits dans une maison et d'évaluer leur amplitude. Ensuite, nous caractérisons l'influence d'un réseau d'habitations et du type de prise de terre sur ceux-ci. Cette partie du travail nous permet d'obtenir un ensemble de facteurs influençant le niveau des courants induits. Ce papier montre qu'il est possible de déterminer des configurations pour minimiser ces courants dans un réseau d'habitations.

I. INTRODUCTION

La recherche d'une relation entre champ d'induction magnétique et la leucémie chez les enfants existe depuis les années 70 [1]. Un champ d'induction magnétique de 0,3 - 0,4 μ T semble être le seuil au-delà duquel il existe une relation entre champ magnétique et leucémie. Depuis les années 2000, une autre corrélation possible est étudiée aux Etats-Unis. Il s'agit de l'hypothèse des courants de contact [2]. Ces courants de contact apparaissent quand une personne touche deux surfaces conductrices portées à des potentiels différents. Ces courants et tensions induits créent dans le corps humain des densités de courant et de champ électrique interne plus importantes que le champ magnétique seul [3].

Pour étudier cette hypothèse, nous développons un modèle comprenant l'installation électrique d'une habitation et une ligne à haute tension. Pour résoudre ce problème, nous combinons la méthode "Partial Element Equivalent Circuit" (PEEC) [4] et la théorie des circuits. Après avoir étudié l'influence d'un réseau d'habitations et du type de prise de terre sur le niveau de courants induits, nous montrons qu'il est possible de minimiser ceux-ci dans un réseau d'habitations.

II. LA MÉTHODE PEEC

Cette technique de modélisation est basée sur la notion d'élément partiels : résistance, inductance propre et mutuelles. Mais aussi sur le fait qu'une boucle de courant peut être décomposée en éléments contribuant à l'impédance totale du système. La circulation du courant est décomposée pour chacun d'eux. Ceci permet d'obtenir le circuit équivalent du système étudié.

Dans le cadre de ce travail, les éléments partiels sont considérés comme des fils fin : la distance entre les fils est grande par rapport aux dimensions de leur section respective et la longueur des conducteurs est grande par rapport à leur section. Grâce à cette approximation, nous pouvons utiliser la formule de Neumann [4] pour déterminer l'inductance mutuelle entre deux éléments de fils fin :

$$L_{p_{km}} = \frac{\mu}{4\pi} \int_{l_k} \int_{l_m} \frac{\vec{dl}_k \cdot \vec{dl}_m}{r_{km}}. \quad (1)$$

L'ensemble des inductances propres et mutuelles permet d'obtenir une matrice d'inductance partielle. En prenant en

compte la résistance des éléments partiels, on obtient la matrice d'impédance totale du circuit équivalent. Les courants et tensions du circuit équivalent sont déterminés avec la méthode des courants indépendants provenant de la théorie des circuits.

III. APPLICATION

A. Modèle d'habitation

Nous réalisons un modèle électrique d'une habitation composé de fils de terre, d'une prise de terre et d'un modèle d'humain représenté par une résistance de 3 k Ω .

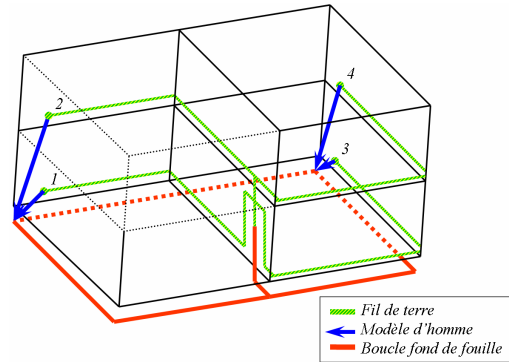


FIG. 1. Modèle électrique d'une habitation.

L'installation électrique est composée de quatre connexions où les courants de contact sont calculés. Celles-ci peuvent être regroupées par orientation (1-2 et 3-4). Pour chaque orientation, nous avons à chaque fois une connexion au rez-de-chaussée et à l'étage.

Ce modèle d'habitation est placé à proximité d'une ligne à haute tension. Cette ligne à haute tension est composée de six câbles (2*3 phases) avec un courant de 2140 A par phase.

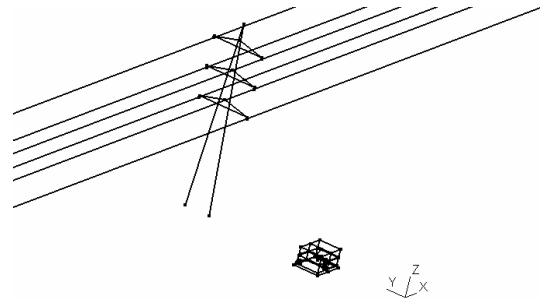


FIG. 2. Habitation à proximité de la ligne à HT.

B. Réseau d'habitations

Lors de l'étude de l'influence d'un réseau d'habitations sur le niveau des courants induits, nous comparons deux

types de prises de terre : la boucle fond de fouille et les piquets de terre. Chaque habitation est reliée aux autres par un liens de terre qui est une approximation de la résistance de la terre.

Boucle fond de fouille: Nous comparons le courant induit dans chaque connexion de chaque habitation soumise au même champ d'induction magnétique. Nous étudions différentes configurations de réseau d'habitations et différentes positions dans ces réseaux.

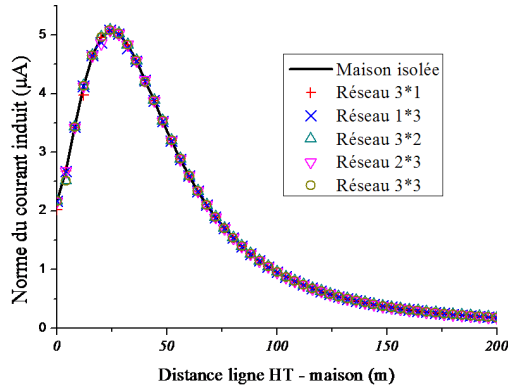


FIG. 3. Comparaison du courant induit dans la connexion 1, mais dans différents réseau avec boucle fond de fouille.

En utilisant les résultats d'une maison isolée comme référence, on remarque qu'un réseau d'habitations avec boucle fond de fouille n'a qu'une influence négligeable sur le niveau du courant induit. La différence de résistance entre le cuivre de la boucle fond de fouille et la terre explique cette observation. La boucle fond de fouille agit comme une «protection» contre les effets d'un réseau d'habitation.

Piquets de terre: Nous réalisons la même comparaison avec des réseaux d'habitations possédant des piquets de terre.

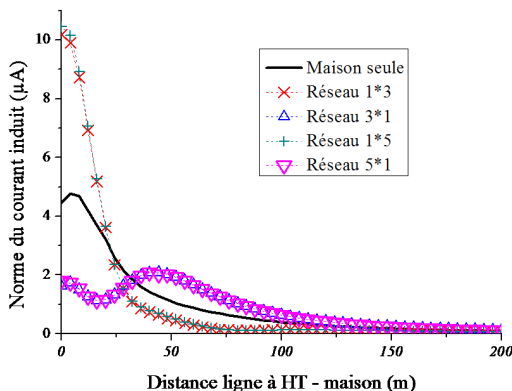


FIG. 4. Comparaison du courant induit dans la connexion 1, mais dans différents réseau avec piquets de terre.

La Figure 4, nous permet de déduire que les réseaux d'habitations avec piquets de terre ont une influence sur le niveau des courants induits. En observant cette influence, on peut en déduire que :

- l'influence du réseau d'habitations ne provient que des

maisons adjacentes : il n'y a pas de différence qu'il y ait trois ou cinq habitations dans le réseau ;

- l'influence du réseau est fonction du type de réseau : le courant induit dans la connexion 1 augmente dans un réseau en ligne et diminue dans un réseau en colonne.

Ces deux remarques sont la base des facteurs influençant le niveau des courants induits dans les réseaux d'habitations avec piquets de terre. Le principal étant la relation entre la forme de la connexion et la position des maisons adjacentes. Les différentes influences de ce type de réseaux d'habitations peuvent s'accumuler. Nous observons des courants induits supérieurs à 20 μA dans des réseaux en ligne et en colonne.

Grâce à l'étude de cette combinaison de facteurs, nous avons la possibilité de diminuer les courants induits dans l'installation électrique d'une habitation avec piquets de terre. Dans toutes les connexions d'un réseau d'habitations et quelque soit le type de réseau, nous avons réussi à déterminer une configuration qui réduit le niveau des courants induits au même niveau qu'une maison isolée.

IV. CONCLUSIONS

La modélisation de l'installation électrique d'une maison nous a conduit à combiner la méthode PEEC et la théorie des circuits. Ce modèle a été confronté à un ensemble d'influences pour déterminer l'existence et l'amplitude des courants pouvant être induits par le champ d'induction magnétique d'une ligne à haute tension.

Nous avons mis en évidence des relations entre le type de prise de terre, le type de réseau d'habitation et la forme de la connexion sur le niveau des courants induits. Grâce à cette étude, nous avons réussi à réduire le niveau des courants induits dans des configurations où ceux-ci étaient important.

RÉFÉRENCES

- [1] N. Wertheimer and E. Leeper", "Electrical wiring configurations and childhood cancer", *American Journal of Epidemiology*, vol. 109, pp. 273–284, 1979.
- [2] R. Kavet, "Contact Current Hypothesis : summary of results to date", *Bioelectromagnetics*, Supplement 7, 2005.
- [3] T. W. Dawson and K. Caputa and M. A. Stuchly and R. Kavet", "Electric fields in the human body resulting from 60 Hz contact currents", *IEEE Transactions on Biomedical Engineering*, vol. 48, pp. 1020–1026, 2001.
- [4] A. E. Ruehli, "Inductances Calculations in a Complex Integrated Circuit Environment", *IBM journal of Research and Development*, vol. 16, pp. 470–481, 1972.